ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00228v1

开食料必需氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊屠宰性能和不同部位氨基酸含量的影响

李雪玲[1,2]　张乃锋[1]　马　涛[1]　陶大勇[2]　柴建民[1]　王玉荣[2]　张　帆[1]　刁其玉[2*]

（1．中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料技术重点开放实验室，北京 100081；2．塔里木大学动物科学学院，阿拉尔 843300）

摘　要：本试验旨在研究开食料必需氨基酸（赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸）部分扣除对断奶湖羊羔羊屠宰性能和不同部位氨基酸含量的影响。选取 50 日龄断奶湖羊公羊 100 只随机分为 5 组，每组 4 个重复，每个重复 5 只羊。对照（PC）组饲喂氨基酸平衡的开食料，4 个试验组开食料在 PC 组的基础上分别扣除 30% Lys、Met、Thr 和 Trp，分别作为 PD-Lys、PD-Met、PD-Thr 和 PD-Trp 组，其余氨基酸含量保持一致。预试期为 11 d，正试期为 60 d。在 120 日龄每组随机选取 6 只羔羊进行屠宰。结果表明：1）PD-Lys 和 PD-Met 组与 PC 组相比空体重、皮毛重、胴体重、蹄重显著降低（P<0.05）；2）PD-Met 组胴体粗蛋白质含量显著低于 PC 和 PD-Trp 组（P<0.05），PC、PD-Lys 和 PD-Met 组皮毛粗脂肪含量显著低于 PD-Thr 和 PD-Trp 组（P<0.05），PC 组胴体粗脂肪含量显著低于其他各组（P<0.05），PD-Met 组头蹄水分含量显著低于 PC 和 PD-Lys 组（P<0.05）；3）PD-Met 组头蹄、皮毛的必需氨基酸和非必需氨基酸及胴体必需氨基酸含量显著低于 PC 组（P<0.05）。综合以上结果得到，61~120 日龄断奶湖羊赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸 4 种必需氨基酸理想模式如下：胴体为 100:35:44:13，皮毛为 100:21:129:11，头蹄为 100:34:70:7。

关键词：湖羊羔羊；必需氨基酸；胴体；模型

中图分类号：S826

湖羊羔羊肉质优良，氨基酸营养价值丰富，羔羊皮色泽洁白，花纹呈水波状，在国内外享有“中国的软宝石”之称[1]。饲粮氨基酸是机体氨基酸转换、合成的前体的重要营养物质，肌肉蛋白质的合成、肉产品产量和氨基酸含量与饲粮中的氨基酸组成和含量有很大相关性[2]。过瘤胃赖氨酸(RP-Lys)和过瘤胃蛋氨酸(RP-Met)添加可以促进小肠氨基酸平衡，减少过量氨基酸造成氮代谢过剩，降低其肝脏、肾脏负担，对环境保护具有积极作用。随着研究的不断

收稿日期：2017-06-02
基金项目：农业部公益性行业（农业）科研专项“南方地区幼龄草食畜禽饲养技术研究”（201303143）；国家肉羊产业技术体系建设专项资金（CARS-39）
作者简介：李雪玲（1991-），女，新疆阿拉尔人，硕士研究生，研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: nkylixueling@163.com
*通信作者：刁其玉，研究员，博士生导师，E-mail: diaoqiyu@caas.cn

深入，本课题组通过在开食料中添加过瘤胃氨基酸发现，RP-Met 能够提升羔羊的生产性能，特别是在日增重和饲料转化效率上氨基酸的添加作用明显[3]。Chai[4]和 Pérez 等[5]研究发现，羔羊肌肉中的必需氨基酸组成和含量与早期断奶和环境有也有很大关系，且羔羊肌肉中必需氨基酸含量与饲粮中氨基酸模式较为接近。Dvalishvili[6]、Cho 等[7]研究了不同年龄阶段羊毛和背最长肌氨基酸含量的变化。开食料中氨基酸含量和组成会在羔羊各个组织中变化，氨基酸不仅本身对肉的风味产生影响，而且还通过风味氨基酸与还原糖之间进行美拉德反应产生香味[8]。然而，饲粮氨基酸含量和组成是否对羔羊肉的常规营养成分产生的影响尚未见报道。

本研究在开食料中添加 RP-Lys、RP-Met、过瘤胃苏氨酸（RP-Thr）和过瘤胃色氨酸（RP-Trp），利用氨基酸部分扣除法，研究 4 种必需氨基酸扣除模式下湖羊屠宰性能和不同部位氨基酸含量的变化，并与饲粮氨基酸含量进行比较，为深入研究肉羊氨基酸代谢机理及改善羊肉品质提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

RP-Met 由赢创德固赛技术有限公司提供，RP-Lys 由希杰饲料有限公司提供，RP-Thr 和 RP-Trp 由江苏康德权科技有限公司提供，其中各含蛋氨酸盐酸盐、赖氨酸盐酸盐、苏氨酸盐酸盐和色氨酸盐酸盐 65%左右，过瘤胃率≥80%。

1.2　试验设计

采用单因素完全随机试验设计，选取 100 只 50 日龄断奶体重 11 kg 左右湖羊公羔羊，按体重相近、日龄相同原则分为 5 组，每组 4 个重复，每个重复 5 只。并根据部分扣除法，将各组饲粮设定为氨基酸平衡（PC 组）、30%扣除赖氨酸（Lys）（PD-Lys 组）、30%扣除蛋氨酸（Met）（PD-Met 组）、30%扣除苏氨酸（Thr）（PD-Thr 组）和 30%扣除色氨酸（Trp）（PD-Trp 组）。

1.3　开食料

开食料组成及营养水平见表 1。

表 1　开食料组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of starters (DM basis)　　%

项目 Items	组别 Groups				
	PC	PD-Lys	PD-Met	PD-Thr	PD-Trp

chinaXiv:201812.00228v1

原料 Ingredients					
玉米 Corn	56.86	57.20	56.98	57.11	56.94
小麦麸 Wheat bran	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
大豆粕 Soybean meal	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
苜蓿草粉 Alfalfa meal	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
预混料 Premix[1)]	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
过瘤胃赖氨酸 RP-Lys	0.55	0.21	0.55	0.55	0.55
过瘤胃蛋氨酸 RP-Met	0.18	0.18	0.06	0.18	0.18
过瘤胃苏氨酸 RP-Thr	0.33	0.33	0.33	0.08	0.33
过瘤胃色氨酸 RP-Trp	0.08	0.08	0.08	0.08	
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
干物质 DM	90.60	90.53	89.22	90.80	89.61
粗蛋白质 CP	15.94	15.58	15.38	15.58	15.34
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.35	12.40	12.37	12.39	12.36
粗脂肪 EE	3.41	3.04	3.69	3.42	3.70
粗灰分 Ash	8.65	8.85	8.57	8.70	8.33
中性洗涤纤维 NDF	26.35	25.92	28.96	24.92	26.14
酸性洗涤纤维 ADF	11.48	11.36	11.25	11.09	11.05
钙 Ca	0.85	0.84	0.81	0.85	0.80
总磷 TP	0.36	0.32	0.31	0.34	0.38
赖氨酸 Lys	1.17	0.81	1.16	1.15	1.18
蛋氨酸 Met	0.39	0.37	0.27	0.38	0.36
苏氨酸 Thr	0.54	0.59	0.56	0.41	0.58
色氨酸 Trp	0.17	0.18	0.16	0.15	0.11

1)预混料为每千克开食料提供 Premix provided the following per kg of starters:VA 15 000 IU,VD 5 000 IU,VE 50 IU,Cu 12 mg,Fe 64 mg,Mn 50 mg,Zn 100 mg,I 0.8 mg,Se 0.3 mg,Co 0.4 mg。

2)除代谢能为计算值外，其余均为实测值。代谢能参照《中国饲料成分及营养价值表（2012）》及《肉羊饲养标准》（NY/T816-2004）计算。ME was a calculated value, while the rest nutrient levels were measured values. ME was calculated according to *Tables of Feed Composition and Nutritive Values in China* (2012) and *Feeding Standard of Sheep* (NY/T816-2004).

1.4 试验时间和地点

本试验于 2015 年 9—12 月在江苏省大伦镇海伦羊业有限公司进行。预试期为 11 d，正试期为 60 d。

1.5 饲养管理

羊舍每 15 d 彻底消毒 1 次（轮流使用 0.2%氯异氰脲酸、2.0%火碱和 0.5%聚维酮碘），试验羔羊均进行正常的免疫程序。50 日龄开始训练采食开食料，61~120 日龄开食料日饲喂

chinaXiv:201812.00228v1

chinaXiv:201812.00228v1

量按羔羊体重的 4%进行饲喂。开食料每日饲喂 2 次（08:00 和 16:00），自由饮水。

1.6 指标计算和测定方法

1.6.1 湖羊羔羊单位代谢体重的必需氨基酸摄入量计算

单位代谢体重的氨基酸摄入量[mg/（kg $W^{0.75}$ • d）]=[干物质采食量（kg/d）×开食料中氨基酸含量（mg/kg）]/代谢体重（kg）。

1.6.2 屠体常规营养成分和氨基酸含量测定

于 120 日龄每组选取 6 只湖羊羔羊准确称量体重，该体重为宰前活重，屠宰后，分别将头蹄、胴体和内脏放入粉碎机中粉碎，剪切皮毛样，各取各部分组织样品 100 g，分别装入洁净密封袋中，迅速保存-20 ℃冰箱中待测。

常规营养成分含量测定方法：粗蛋白质含量采用 KDY-9830 全自动凯氏定氮仪测定；水分、粗脂肪、粗灰分、钙、磷含量参考张丽英[9]的方法测定。氨基酸含量采用氨基酸分析仪（S-433D，德国 Sykam 公司）测定，首先将样品用酸水解，在 110 ℃、6 mol/L 盐酸作用下水解（测定 Trp 含量时用 5 mol/L 的氢氧化钠溶液水解），配制标样，将标样和处理好样品采用氨基酸分析仪测定各氨基酸含量。

1.7 数据处理与分析

用 Excel 2013 对原始数据进行初步整理，然后用 SAS 9.2 统计软件进行单因素方差分析，以 $P<0.05$ 作为差异显著的判断标准。

2 结果与分析

2.1 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊屠宰性能的影响

正试期羔羊干物质采食量和氨基酸摄入量见表 2。由表 3 可知，PD-Met 组羔羊空体重显著低于 PC、PD-Thr 和 PD-Trp 组（$P<0.05$）。PD-Lys、PD-Met 和 PD-Trp 组羔羊胴体重显著低于 PC 组（$P<0.05$）。PD-Met 组蹄重及皮毛重均显著低于 PC 组（$P<0.05$）。氨基酸扣除组与 PC 组羔羊的屠宰率无显著差异（$P>0.05$）。

表 2 干物质采食量和单位代谢体重的氨基酸摄入量

Table 2 Dry matter intake and amino acid intake per unit of metabolic weight

组别 Groups	干物质采食量 Dry matter intake/(g/d）	氨基酸摄入量 Amino acid intake/[mg/（kg $W^{0.75}$ • d）]			
		赖氨酸 Lys	蛋氨酸 Met	苏氨酸 Thr	色氨酸 Trp
PC	798.49	1 007	330	503	139

PD-Lys	772.87	716	336	513	141
PD-Met	785.3	1 015	236	507	140
PD-Thr	797.93	1 032	338	365	142
PD-Trp	791.77	1 018	334	509	97

表 3　开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊屠宰性能的影响

Table 3　Effects of amino acids partial deduction in starter on slaughter performance of *Hu* weaned lambs

项目 Items	组别 Groups PC	PD-Lys	PD-Met	PD-Thr	PD-Trp	SEM	*P* 值 *P*-value
宰前活重 LWBS/kg	26.09[a]	23.74[bc]	23.03[c]	25.96[ab]	25.15[ab]	0.33	0.001 9
空体重 EBW/kg	20.84[a]	18.08[bc]	17.23[c]	19.54[ab]	18.86[b]	0.31	0.000 5
胴体重 CW/kg	13.51[a]	11.92[b]	11.61[b]	12.77[ab]	12.08[b]	0.20	0.020 0
屠宰率 DP/%	48.94	50.22	50.42	49.18	47.94	0.38	0.223 8
头重 Head weight/g	1 483.33[ab]	1 356.67[b]	1 383.33[b]	1553.33[a]	1 453.33[ab]	22.65	0.032 0
蹄重 Feet weight/g	771.67[a]	691.67[b]	700.00[b]	706.67[b]	750.00[ab]	9.88	0.027 2
皮毛重 Skin and wool weight/g	3 303.30[a]	2 753.30[bc]	2 636.70[c]	3 010.00[ab]	2 980.00[ab]	62.85	0.002 8

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2　开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊不同部位常规营养成分含量的影响

由表 4 可知，PC 和 PD-Lys 组羔羊头蹄水分含量显著高于 PD-Met 组（$P<0.05$），但与 PD-Thr 和 PD-Trp 组间无显著差异（$P>0.05$）。PD-Lys、PD-Met、PD-Thr 和 PD-Trp 组羔羊胴体粗脂肪含量显著高于 PC 组（$P<0.05$），PD-Thr 和 PD-Trp 组羔羊皮毛粗脂肪含量显著高于 PC 组（$P<0.05$）。PD-Met 组胴体粗蛋白质含量显著低于 PC 和 PD-Trp 组（$P<0.05$），与 PD-Lys 和 PD-Thr 组差异不显著（$P>0.05$）。各组羔羊头蹄、胴体和皮毛的粗灰分、钙和磷含量无显著差异（$P>0.05$）。

表 4　开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊不同部位常规营养成分含量的影响

Table 4　Effects of amino acids partial deduction in starter on common nutrient composition in different parts of *Hu* weaned lambs　　%

项目 Items		组别 Groups PC	PD-Lys	PD-Met	PD-Thr	PD-Trp	SEM	*P* 值 *P*-value
水分 Moisture	头蹄 Head and hoof	56.37[a]	55.77[a]	49.63[b]	54.29[ab]	54.37[ab]	0.89	0.029 5
	胴体 Carcass	68.33	68.13	66.94	67.61	67.55	0.84	0.989 6
	皮毛 Skin and wool	23.41	23.60	23.84	23.34	23.42	0.49	0.998 3
粗脂肪 EE	头蹄 Head and hoof	9.54	9.30	9.28	9.46	9.54	0.05	0.237 8
	胴体 Carcass	6.03[a]	6.66[b]	6.81[b]	6.44[b]	6.48[b]	0.04	<0.000 1

chinaXiv:201812.00228v1

ChinaXiv合作期刊

	皮毛 Skin and wool	4.10^{b}	4.21^{b}	4.25^{b}	4.50^{a}	4.39^{a}	0.04	0.000 3
粗蛋白质 CP	头蹄 Head and hoof	12.32	12.41	12.28	12.41	12.59	0.04	0.199 8
	胴体 Carcass	19.26^{a}	18.77^{ab}	18.15^{b}	18.57^{ab}	18.95^{a}	0.06	0.000 7
	皮毛 Skin and wool	17.65	17.47	17.27	17.59	17.52	0.05	0.117 8
粗灰分 Ash	头蹄 Head and hoof	0.95	0.90	0.82	0.88	0.86	0.02	0.158 3
	胴体 Carcass	1.95	1.90	1.82	1.88	1.86	0.02	0.158 3
	皮毛 Skin and wool	2.45	2.40	2.32	2.38	2.36	0.02	0.158 3
钙 Ca	头蹄 Head and hoof	0.56	0.55	0.53	0.56	0.55	0.00	0.068 7
	胴体 Carcass	1.24	1.23	1.23	1.23	1.23	0.01	0.530 2
	皮毛 Skin and wool	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.00	0.748 4
磷 P	头蹄 Head and hoof	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.00	0.380 2
	胴体 Carcass	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.00	0.380 2
	皮毛 Skin and wool	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	0.380 2

2.3 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊头蹄氨基酸含量的影响

由表 5 可知，PD-Lys 组羔羊头蹄 Lys 含量显著低于 PC 组（$P<0.05$），但与 PD-Met、PD-Thr 和 PD-Trp 组间差异不显著（$P>0.05$）。PD-Trp 组羔羊头蹄 Trp 含量显著低于 PC 和 PD-Thr 组（$P<0.05$），与 PD-Lys 和 PD-Met 组间差异不显著（$P>0.05$）。PD-Met 组羔羊头蹄苯丙氨酸含量显著低于 PC、PD-Trp 和 PD-Thr 组（$P<0.05$），与 PD-Lys 组间差异不显著（$P>0.05$）。PD-Met 组羔羊头蹄丙氨酸含量显著低于 PC 和 PD-Trp 组（$P<0.05$），与 PD-Lys 和 PD-Thr 组间差异不显著（$P>0.05$）。PD-Met 组羔羊头蹄必需氨基酸和非必需氨基酸含量显著低于 PC 组（$P<0.05$），与 PD-Lys、PD-Thr 和 PD-Trp 组羔羊差异不显著（$P>0.05$）。各组羔羊头蹄其余氨基酸含量无显著差异（$P>0.05$）。

表 5 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊头蹄氨基酸含量的影响

Table 5 Effects of amino acids partial deduction in starter on amino acid contents in head and hoof of *Hu* weaned lambs %

项目 Items	组别 Groups PC	PD-Lys	PD-Met	PD-Thr	PD-Trp	SEM	*P* 值 *P*-value	必需氨基酸理想模式 EAA ideal mode
必需氨基酸 EAA								
赖氨酸 Lys	11.60^{a}	9.19^{b}	10.69^{ab}	10.82^{ab}	10.09^{ab}	0.27	0.033 4	100
蛋氨酸 Met	3.96	3.32	3.53	4.01	3.63	0.13	0.401 9	34
色氨酸 Trp	0.89^{a}	0.86^{ab}	0.81^{b}	0.83^{a}	0.74^{b}	0.03	0.042 0	7
苏氨酸 Thr	8.16	7.58	6.79	7.64	7.50	0.16	0.300 1	70
苯丙氨酸 Phe	8.47^{a}	7.40^{ab}	6.46^{b}	7.74^{a}	7.66^{a}	0.20	0.021 8	
缬氨酸 Val	10.79	9.83	8.24	10.64	9.07	0.31	0.039 7	
异亮氨酸 Ile	7.33	6.62	5.41	6.78	6.25	0.23	0.079 7	

chinaXiv:201812.00228v1

亮氨酸 Leu	15.48	14.13	12.31	14.54	14.11	0.35	0.060 2
非必需氨基酸 NEAA							
天冬氨酸 Asp	16.65	14.84	13.25	15.54	14.99	0.41	0.108 2
丝氨酸 Ser	8.40	8.05	7.30	8.04	8.02	0.16	0.300 1
谷氨酸 Glu	27.04	23.89	21.50	24.85	23.96	0.67	0.119 4
甘氨酸 Gly	22.30	19.18	17.39	20.79	19.14	0.55	0.058 0
丙氨酸 Ala	14.52[a]	12.81[ab]	11.59[b]	13.59[ab]	12.63[a]	0.33	0.048 3
酪氨酸 Tyr	5.15	4.75	4.31	4.80	4.73	0.12	0.311 8
组氨酸 His	5.78	5.32	4.90	6.32	5.19	0.18	0.092 4
精氨酸 Arg	13.07	11.60	10.47	12.13	11.35	0.29	0.055 4
脯氨酸 Pro	14.00	12.28	11.52	13.15	12.21	0.32	0.122 3
半胱氨酸 Cys	3.18	3.14	2.84	3.26	2.78	0.11	0.573 5
必需氨基酸 EAA	65.10[a]	58.80[ab]	51.05[b]	61.47[ab]	57.55[ab]	2.35	0.038 9
非必需氨基酸 NEAA	130.09[a]	115.86[ab]	105.07[b]	122.47[ab]	115.00[ab]	5.23	0.010 1
必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA	0.50	0.51	0.49	0.50	0.50	0.45	0.678 9

2.4 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊胴体氨基酸含量的影响

由表 6 可知，PD-Lys 组羔羊胴体 Lys 含量显著低于 PC 组（P<0.05），但与 PD-Met、PD-Thr 和 PD-Trp 组间差异不显著（P>0.05）。PD-Lys 和 PD-Met 组羔羊胴体必需氨基酸含量显著低于 PC 组（P<0.05）。PD-Lys 和 PD-Trp 组羔羊胴体非必需氨基酸含量显著低于 PD-Thr 组（P<0.05），与 PC 和 PD-Met 组间差异不显著（P>0.05）。各组羔羊胴体其余氨基酸含量无显著差异（P>0.05）。

表 6 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊胴体氨基酸含量的影响

Table 6 Effects of amino acids partial deduction in starter on amino acid contents in carcass of *Hu* weaned lambs %

项目 Items	组别 Groups PC	PD-Lys	PD-Met	PD-Thr	PD-Trp	SEM	P 值 P-value	必需氨基酸理想模式 EAA ideal mode
必需氨基酸 EAA								
赖氨酸 Lys	12.20[a]	8.93[b]	9.38[ab]	10.51[ab]	10.17[ab]	0.54	0.025 5	100
蛋氨酸 Met	3.64	3.88	3.52	4.13	3.81	0.17	0.935 4	35
色氨酸 Trp	1.40	1.12	1.17	1.22	1.13	0.03	0.779 5	13
苏氨酸 Thr	4.58	4.25	3.95	4.87	3.82	0.34	0.319 5	44
苯丙氨酸 Phe	9.69	9.00	9.54	10.28	9.16	0.25	0.481 6	
缬氨酸 Val	12.92	11.50	11.27	13.60	12.72	0.36	0.459 0	
异亮氨酸 Ile	10.55	8.97	9.31	11.15	10.26	0.34	0.369 0	
亮氨酸 Leu	19.35	18.61	18.49	20.72	18.79	0.47	0.682 3	
非必需氨基酸 NEAA								
天冬氨酸 Asp	21.06	20.14	21.16	22.59	20.87	0.62	0.826 0	

chinaXiv:201812.00228v1

ChinaXiv合作期刊

丝氨酸 Ser	7.08	9.12	7.50	8.49	8.01	0.37	0.453 2
谷氨酸 Glu	38.11	35.29	37.55	39.70	36.77	1.00	0.739 9
甘氨酸 Gly	20.53	21.80	22.75	22.85	21.25	0.56	0.667 6
丙氨酸 Ala	18.00	16.84	18.62	18.48	16.72	0.36	0.306 0
酪氨酸 Tyr	6.32	6.27	6.53	7.14	6.27	0.21	0.665 9
组氨酸 His	8.96	8.79	8.73	9.59	8.44	0.23	0.618 3
精氨酸 Arg	15.72	15.35	16.08	16.85	15.71	0.38	0.794 8
脯氨酸 Pro	14.16	14.41	14.75	15.23	13.85	0.35	0.781 4
半胱氨酸 Cys	3.33	3.35	3.58	3.00	3.14	0.10	0.473 5
必需氨基酸 EAA	82.13[a]	66.26[b]	66.10[b]	77.16[ab]	80.73[ab]	2.35	0.048 9
非必需氨基酸 NEAA	153.26[ab]	151.35[b]	157.25[ab]	163.92[a]	151.04[b]	5.23	0.040 1
必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA	0.53	0.43	0.42	0.47	0.53	0.15	0.678 9

2.5 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊皮毛氨基酸含量的影响

由表 7 可知，PD-Lys 组羔羊皮毛 Lys 含量显著低于 PC 组（P<0.05），与 PD-Met、PD-Thr 和 PD-Trp 组间差异不显著（P>0.05）。PD-Thr 组羔羊皮毛 Thr 含量显著低于 PC 组（P<0.05），与 PD-Lys、PD-Met 和 PD-Trp 组间差异不显著（P>0.05）。PD-Thr 组羔羊头蹄天冬氨酸含量显著低于 PC 和 PD-Met 组（P<0.05）。PD-Lys 组羔羊皮毛丝氨酸含量显著低于 PC 组（P<0.05）。PD-Thr 组羔羊皮毛谷氨酸含量显著低于 PC 组（P<0.05）。PD-Lys 羔羊皮毛丙氨酸含量显著低于 PC 组（P<0.05）。PD-Met 组羔羊皮毛半胱氨酸含量显著低于 PC 组（P<0.05）。PD-Met 组羔羊皮毛必需氨基酸含量显著低于 PC、PD-Trp 组（P<0.05）。PD-Lys 和 PD-Met 组羔羊皮毛非必需氨基酸含量均显著低于 PC 组（P<0.05）。各组羔羊皮毛其余氨基酸含量无显著差异（P>0.05）。

表 7 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊皮毛氨基酸含量的影响

Table 7 Effects of amino acids partial deduction in starter on amino acid contents in skin and wool of *Hu* weaned lambs %

项目 Items	组别 Groups					SEM	*P* 值 *P*-value	必需氨基酸理想模式 EAA ideal mode
	PC	PD-Lys	PD-Met	PD-Thr	PD-Trp			
必需氨基酸 EAA								
赖氨酸 Lys	10.26[a]	8.82[b]	10.05[ab]	10.0[ab]	10.02[ab]	0.24	0.043 7	100
蛋氨酸 Met	2.12	2.02	2.24	2.15	2.48	0.1	0.719 9	21
色氨酸 Trp	1.10	0.97	1.00	1.03	1.12	0.15	0.374 6	11
苏氨酸 Thr	13.22[a]	11.88[ab]	11.84[ab]	11.99[ab]	11.91[b]	0.25	0.034 6	129
苯丙氨酸 Phe	9.67	9.16	9.29	8.88	9.62	0.17	0.609 7	
缬氨酸 Val	14.42	13.98	13.67	13.31	14.07	0.33	0.876 7	

chinaXiv:201812.00228v1

异亮氨酸 Ile	9.25	8.86	8.76	8.40	8.97	0.19	0.745 0
亮氨酸 Leu	20.44	18.86	19.60	18.89	19.77	0.37	0.657 8
非必需氨基酸 NEAA							
天冬氨酸 Asp	23.23[a]	21.26[ab]	23.09[a]	20.72[b]	22.44[ab]	0.35	0.048 2
丝氨酸 Ser	17.46[a]	14.60[b]	14.99[ab]	15.40[ab]	14.81[ab]	0.4	0.041 1
谷氨酸 Glu	44.86[a]	40.86[ab]	43.13[ab]	39.75[b]	42.52[ab]	0.72	0.024 3
甘氨酸 Gly	48.20	40.24	48.38	40.98	46.06	1.31	0.118 0
丙氨酸 Ala	23.81[a]	20.25[b]	23.27[ab]	20.82[ab]	22.91[ab]	0.5	0.048 4
酪氨酸 Tyr	6.71	5.34	5.75	6.42	6.41	0.22	0.259 2
组氨酸 His	7.21	6.24	6.54	6.66	6.75	0.18	0.596 5
精氨酸 Arg	28.51	25.71	26.99	25.43	27.01	0.45	0.197 0
脯氨酸 Pro	31.87	28.12	31.45	26.57	29.45	0.69	0.068 8
半胱氨酸 Cys	9.75[a]	9.25[ab]	8.23[b]	9.69[ab]	9.80[ab]	0.38	0.049 7
必需氨基酸 EAA	83.37[a]	76.57[ab]	71.64[b]	73.48[ab]	80.84[a]	2.35	0.021 9
非必需氨基酸 NEAA	241.63[a]	211.87[b]	201.81[b]	212.44[ab]	228.16[ab]	5.23	0.031 1
必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA	0.35	0.35	0.33	0.35	0.36	0.45	0.678 9

3 讨 论

3.1 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊屠宰性能的影响

屠宰性能测定便于检验羔羊不同阶段的生长发育状况，深入研究羔羊屠宰性能，对改善羔羊肉品质具有重要意义。本试验发现，氨基酸扣除组除了屠宰率差异不显著外，其余的屠宰性能指标都低于 PC 组。Ferreira 等[10]研究发现，30~45 kg 美利奴羊饲喂不同必需氨基酸组成的饲粮，随着动物的生长，屠宰率不会发生显著变化，这与本试验结果相似。本试验部分扣除 Lys 和 Met 对屠宰率无显著影响，但对胴体重、头重、蹄重和皮毛重有显著影响。这可能因为 Met 为羊毛角质蛋白质合成的第 1 限制性氨基酸，在绵羊饲粮中添加 Met 能够促进羊毛生长，进而影响绵羊皮毛品质。本试验研究发现，Trp 是羔羊获得最大屠宰率的第 1 限制性氨基酸，这与本课题组研究获得最大日增重和料重比所发现的氨基酸顺序也不相同，前人也没对这方面进行研究，这可能是因为没有利用氮平衡试验进行深入探讨，导致氨基酸限制性的研究不够准确。因此，断代乳粉后降低湖羊羔羊饲粮蛋白质同时，添加过过瘤胃氨基酸并使之添加量与利用量比例达到平衡，不仅对胴体重和皮毛生长有促进作用，还能加快湖羊达到屠宰体重的时间。从本试验结果来看，对断奶羔羊屠宰性能的影响还要通过结合氮平衡试验进行深入探讨。

3.2 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊不同部位常规营养成分含量的影响

肌肉中的水分与肉质的多汁性紧密相连[11]。肌肉中脂肪含量在很大程度上影响着肉品

chinaXiv:201812.00228v1

质和口感，与肉的风味、多汁性和嫩度有关。羊肉中的脂肪 50%为不饱和脂肪酸，这部分脂肪酸对过度肥胖、动脉硬化、血脂升高和血栓等疾病的发生有预防作用[12]。肌肉蛋白质含量是肉质营养的主要指标，氨基酸是决定蛋白质沉积的重要营养组成部分，氨基酸的平衡模式为提升肉品质和肉中营养成分含量有重要意义[12]。肌肉的粗灰分含量与肌肉中的矿物质含量有密切的关系，粗灰分含量越高，钙和磷矿物质元素含量就相对越高，另外通过氨基酸合成的肽类激素，如降钙素等激素等参与钙、磷代谢，继而影响组织钙、磷的分布[13]。

聂芙蓉等[14]报道，3 月龄小尾寒羊肌肉中水分、粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分含量分别为 73.63%、62.82%、15.98%和 5.98%。杜寒杂交羊肌肉中水分、粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分含量分别为 73.26%、63.06%、11.34%和 6.24%。杜寒杂交羊肌肉中水分、粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分含量分别为 73.77%、62.88%、13.56%和 6.08%，钙、磷含量都在 0.20%~0.70%。Xi 等[15]发现在 60 日龄黄羽肉鸡低蛋白质饲粮中添加 Met，肌肉中水分、粗蛋白质和粗脂肪含量分别为 61.37%、51.86%和 30.80%，比高蛋白质未添加 Met 饲粮高 0.30%~0.50%。本试验测得 120 日龄湖羊常规营养成分含量比均比聂芙蓉等[14]和 Xi 等[15]的结果低，但相差不大。氨基酸扣除组的营养成分含量在一定程度上都低于对照组，说明饲粮氨基酸平衡对提升湖羊羔羊肉肉质、风味、细嫩多汁、口感度等具有重要作用。

3.3 开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊头蹄氨基酸含量的影响

羊头蹄中的氨基酸组成和含量是评价羊屠体营养价值的重要指标之一，特别是羊脑中蛋白质丰富，其中含有丰富的 Lys、谷氨酸、亮氨酸和天冬氨酸，尤其是谷氨酸和天冬氨酸，这 2 种酸性氨基酸与抗氧化能力有较强关系[16]。常飞等[16]通过脱脂测定结果发现，羊脑中谷氨酸含量最高，其次是天冬氨酸，分别为 9.13%和 5.47%。张曦等[17]发现谷氨酸和天冬氨酸的含量是 Met 含量的 7~12 倍，谷氨酸、天冬氨酸、Leu 和 Lys 是构成脑多肽的主要氨基酸。这些脑多肽在调节神经功能中具有重要的作用。本试验研究不同氨基酸扣除发现头蹄中谷氨酸含量最高，但相对于 PC 组 PD-Met 组谷氨酸含量最低，这与前人分析结果是一致的。这说明 Met 扣除对谷氨酸和天冬氨酸等酸性氨基酸含量有显著影响，进而影响机体抗氧化能力，这 2 种酸性氨基酸含量高也为机体抗氧化能力高的研究结果提供了理论支撑。本试验 PC 组头蹄 Lys、Met、Thr 和 Trp 含量分别为 11.60%、3.96%、8.16%和 0.89%（氨基酸组成比例为 100:34:70:7）。这比 Ferreira 等[10]瘤胃灌注氨基酸得出羔羊胴体 Lys、Met 和 Thr 含量分别为

chinaXiv:201812.00228v1

7.03%、2.08%和 3.79%（氨基酸组成比例 100:30:54）的结果要高。这说明添加过过瘤胃氨基酸能够有效提高断奶羔羊组织中的氨基酸含量，且比例与本课题组通过最大日增重和屠宰率得到的 Lys∶Met∶Thr∶Trp 为 100:44:44:8 和 100:34:38:8[3]基本一致，除了 Trp 含量头蹄中较高。本试验 PD-Met 组中必需氨基酸含量，特别是 Lys、苯丙氨酸和缬氨酸等含量均低于 PC 组，说明必需氨基酸不足会严重影响羔羊头蹄其他必需氨基酸和非必需氨基酸的合成，从而影响氨基酸的平衡模式[17]。总之头蹄是羔羊胴体中影响氨基酸适宜比例和含量的因素之一，为打破传统的氨基酸黑箱理论提供了重要的科学依据[18]。

3.4　开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊胴体氨基酸含量的影响

羔羊胴体中氨基酸在种类和比例上接近人体含有所必需的氨基酸，且属于优质蛋白质，易于人体的消化和吸收[19]。羊胴体中鲜味氨基酸丰富，而氨基酸的含量与羊肉的风味有直接关系，且羔羊胴体的氨基酸模式可为羔羊理想氨基酸提供研究模式，即为饲粮中各种氨基酸平衡提供参照模式[20]。Van 等[21]研究发现，平均体重 28 kg 的杜寒杂交羊胴体 Lys、Met、Thr 和 Trp 含量分别为 9.09%、1.40%、4.56%和 1.67%。Sánchez-Mendoza[22]和 Boisen 等[23]通过在饲粮中添加不同量 Met 发现对胴体重和胴体粗蛋白质含量有显著影响，均在在 Met 添加量为 1.20 mg/d 时达到最大，但都未对胴体氨基酸含量和模型进行进一步的探索。本试验是通过氨基酸部分扣除法获得不同组织，分析其氨基酸含量，发现添加必需氨基酸胴体 Lys、Met、Thr 和 Trp 的氨基酸含量分别为 12.20%、3.64%、1.40%和 4.58%，其理想氨基酸模式为 100:35:44:13，胴体氨基酸含量与 Van 等[21]研究结果相比有上升趋势，胴体氨基酸模式与本课题组获得最大氮沉积得到的氨基酸模式 100:(37~41):(39~45):12 相似[3]。且 PD-Met 组羔羊胴体必需氨基酸和非必需氨基酸含量相对 PC 组都有降低趋势，这与 Sánchez-Mendoza[22]和 Boisen 等[23]的研究结果一致。总之，Lys 和 Met 是羔羊肌肉和骨骼生长的必需的限制性氨基酸[24]，胴体的氨基酸模式相对于头蹄氨基酸有所不同，但更接近羔羊生长阶段的氨基酸平衡模式，理想氨基酸模式在不同品种、品系和生长阶段有所不同，湖羊理想氨基酸模式的研究还需在基因和蛋白质等层次进一步探索和完善。

3.5　开食料氨基酸部分扣除对断奶湖羊羔羊皮毛氨基酸含量的影响

羊毛生长需要的蛋白质。羊毛是由富含半胱氨酸和 Met 的蛋白质构成的，羊毛生长需要从机体氨基酸库中吸收大量的 Met 和半胱氨酸，但对其他氨基酸的需求相对要少[25]。杨

chinaXiv:201812.00228v1

华等[26]分析发现 10 月龄美利奴羊超细毛公羔羊羊毛对 Met 和半胱氨酸的选择性吸收，造成了其他组织可利用氨基酸的不平衡。也就是说，饲粮和瘤胃微生物为机体提供的氨基酸不能满足羊毛生长对 Met 和半胱氨酸的特殊需求，并由此导致羊毛生长中氨基酸的利用率要远低于其他体组织[27]。本研究结果发现，氨基酸不平衡对羔羊皮毛中 Lys 和 Thr 含量有显著影响，且在皮毛中天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、丙氨酸和半胱氨酸含量上也有显著变化，发现 Met 扣除显著降低了皮毛必需氨基酸和非必需氨基酸含量。氨基酸在羊毛生长和体重增长之间的分配比率与绵羊生长速率有相关性，Met 不足使组成羊毛低硫蛋白质合成减少，必需氨基酸 Lys、Thr 不足也会影响天冬氨酸、丝氨酸等影响羊毛纤维的螺旋结构和毛纤维的粗细的非必需氨基酸[28]。

4 结 论

① Lys、Met、Thr 和 Trp 4 种必需氨基酸不足影响 61~120 日龄断奶湖羊羔羊屠宰性能，特别是 Met 不足造成了空体重、胴体重、皮毛重和蹄重显著降低。

② 必需氨基酸缺乏直接影响羔羊的胴体粗蛋白质含量、胴体和皮毛粗脂肪含量，头、蹄水分，但不影响钙和磷含量。

③ 不同组织Lys、Met、Thr和Trp 4种必需氨基酸理想模式不同，胴体为100:35:44:13，皮毛为100:21:129:11，头蹄为100:34:70:7。

参考文献：

[1] 殷金凤.湖羊不同花纹羔皮毛囊中差异表达MicroRNA的筛选[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2015.

[2] 张莹, 吴铁梅, 王雪, 等.自然放牧与放牧补饲育肥对肉羊血浆和肌肉中氨基酸组成的影响[J].动物营养学报,2016,28(7):2162–2175.

[3] 李雪玲, 柴建民, 张乃锋, 等.断奶羔羊4种必需氨基酸限制性顺序和需要量模型探索[J].动物营养学报,2017,29(1):106–117.

[4] CHAI J M,WANG H C,DIAO Q Y,et al.Effect of rearing system on meat quality,lipid,and amino acid profiles of lambs[C]//2015 ADSA-ASAS Joint Annual Meeting.Orlando,FL:JAM,2015.

[5] PÉREZ P,MAINO M,MORALES M S,et al.Meat quality and carcass characteristics of Merino Precoce suckling lambs raised under confinement in the Mediterranean semi-humid dryland of Central

chinaXiv:201812.00228v1

ChinaXiv合作期刊

Chile[J].Ciencia e Investigación Agraria,2012,39(2):289–298.

[6] DVALISHVILI V G.Influence of methionine and sulfur-containing aminoacids on the meat productivity and wool quality of lambs[J].Ovtsevodstvo,1989.

[7] CHO S,KANG S,KANG G,et al.Physicochemical meat quality,fatty acid and free amino acid composition of strip loin,chuck tender,and eye of round produced by different age groups of hanwoo cow[J].Korean Journal for Food Science of Animal Resources,2013,33(6):708–714.

[8] STADLER R H,BLANK I,VARGA N,et al.Food chemistry:Acrylamide from Maillard reaction products[J].Nature,2002,419(6906):449–450.

[9] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[10] FERREIRA A V,VAN DER MERWE H,LOEST C A,et al.Amino acid requirements of South African Mutton Merino lambs 2.Essential amino acid composition of the whole empty body[J].South African Journal of Animal Science,1999,29(1):27–39.

[11] 林昌俊.杜湖杂交F1代羊与湖羊生产性能和肉质的比较研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2014.

[12] SCHRADE W,BIEGLER R,BOHLE E.Concentration of unsaturated fatty acids in blood in arteriosclerosis and diabetes[J].Klinische Wochenschrift,1958.

[13] 王伟, 刘栋, 杨秀萍.降钙素对胚胎着床的影响机理[J].生物技术通报,2007(2):43–46.

[14] 聂芙蓉, 哈斯通拉嘎, 权凯.不同肉用绵羊杂交羔羊肉中氨基酸及常规养分比较分析[J].畜牧与兽医,2016,48(8):36–40.

[15] XI P B,YI G F,LIN Y C,et al.Effect of methionine source and dietary crude protein level on growth performance,carcass traits and nutrient retention in Chinese color-feathered chicks[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2007,20(6):962–970.

[16] 常飞, 杨雪果, 肖士成, 等.脱脂羊脑蛋白水解多肽的分离纯化及抗氧化活性[J].食品科学,2016,37(1):33–39.

[17] 张曦，程国梅，李世存,等.综合性分娩镇痛效果及对母儿的影响[J].河南医科大学学报,2001,36(1):36–37.

[18] BEQUETTE B J,LAPIERRE H,HANIGAN M.Amino acid uptake by the mammary gland of

chinaXiv:201812.00228v1

ChinaXiv合作期刊

lactating ruminants[M]//D'MELLO J P F.Amino Acids in Animal Nutrition.Wallingford:CABI Publishing,2003.

[19] 郑秋甫.第二讲:平衡膳食合理营养(二)[J].中华保健医学杂志,2004,6(3):189–192.

[20] 李雪玲, 柴建民, 陶大勇, 等.氨基酸模式在幼龄畜禽营养与日粮中的应用[J].家畜生态学报,2016,37(8):7–11.

[21] VAN J,NOLTE E,FERREIRA A V.Body-,protein-and essential amino acid composition of male Merino and Dohne Merino lambs[J].South African Journal of Animal Science/Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Veekunde,2004,34.

[22] SÁNCHEZ-MENDOZA B,AGUILAR-HERNÁNDEZ A,LÓPEZ-SOTO M A,et al.Effects of high-level chromium methionine supplementation in lambs fed a corn-based diet on the carcass characteristics and chemical composition of longissimus muscle[J].Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences,2015,39(3).1-11.

[23] BOISEN S,HVELPLUND T,WEISBJERG M R.Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation[J].Livestock Production Science,2000,64(2/3):239–251.

[24] CRONJE P B,NOLAN J V,LENG R A.Amino acid metabolism and whole-body protein turnover in lambs fed roughage-based diets:1.Lysine and leucine metabolism[J].South African Journal of Animal Science,1992,22(6):194–200.

[25] MIRONOV K D.Effect of methionine on the amino acid composition of lamb's wool[J].Sibirskii Vestnik Selskokhoziaistvennoi Nauki,1978.

[26] 杨华, 周平, 杨永林, 等.转*Hoxc*13基因绵羊的羊毛氨基酸组成及含硫量和含氮量分析[J].西北农业学报,2012,21(5):37–40.

[27] 谭晓川.四川省绵羊资源的初步发掘[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2014.

[28] 王艳萍, 曾维斌, 张力, 等.藏羚羊与其他羊种被毛纤维氨基酸含量的比较分析研究[J].中国饲料,2010(1):39–41.

Effects of Essential Amino Acids Partial Deduction in Starter on Slaughter Performance and Amino Acid Contents in Different Parts of *Hu* Lambs

LI Xueling[1,2] ZHANG Naifeng[1] MA Tao[1] TAO Dayong[2] CHAI Jianmin[1] WANG Yurong[2]

chinaXiv:201812.00228v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00228v1

ZHANG Fan[1] DIAO Qiyu[2*]

（1. *Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture*, *Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100081, *China*; 2. *College of Animal Science, Tarim University*, *Alar* 843300, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to research the effects of essential amino acids [lysine (Lys), methionine (Met), threonine (Thr) and tryptophan (Trp)] partial deduction in starter on slaughter performance and amino acid contents in different parts of *Hu* lambs. One hundred *Hu* lambs weaned at 50 days of age were randomly divided into five groups and each group had four replicates with five lambs per replicate. Control group was fed a starter with balanced amino acid (PC group), while 4 experimental groups were fed the starter deducting 30% Lys, Met, Thr and Trp based on control group, respectively, which were recorded as PD-Lys, PD-Met, PD-Thr and PD-Trp groups, respectively. The pretest lasted for 11 days, and the formal trial period lasted for 60 days. Six lambs selected from each group were slaughtered at 120 days of age. The results showed as follows: 1) empty body weight, skin and wool peel weight, carcass weight and feet weight in PD-Lys and PD-Met groups were significantly lower than those in PC group (P<0.05). 2) Carcass crude protein content in PD-Met group was significantly lower than that in PC and PD-Trp groups (P<0.05)， wool ether extract content in PC, PD-Lys and PD-Met groups was significantly lower than that in PD-Thr and PD-Trp groups (P<0.05), PC group has the lowest carcass ether extract content compared with the other groups (P<0.05), and moisture of head and feet in PD-Met group was significantly lower than that in PC and PD-Lys groups (P<0.05). 3) Essential amino acids and none essential amino acids contents in head and feet， and skin and wool, as while as carcass ssential amino acids content in PD-Met group were significantly higher than those in PC group (P<0.05). In conclusion, the ideal essential amino acid models of Lys, Met, Thr and Trp of weaned *Hu* lambs from 60 to 120 days of age are as follows: carcass: 100:21:129:11, skin and wool: 100:34:70:7, and head and feet: 100:35:44:13.

Key words: *Hu* lamb; essential amino acids; carcass; model